**Практична 6.**

**Моделювання із застосуванням пакету прикладних програм MATLAB[[1]](#footnote-1) і Simulink[[2]](#footnote-2)[[3]](#footnote-3)**

MatLab – одна з найстаріших, ретельно пророблених і провіре­них часом систем автоматизації математичних розрахунків, побудо­ва­на на розширеному представленні і застосуванні матричних опера­цій. Звідси й пішла назва системи – MATrix LABoratory – матрична лабораторія.

MATLAB як мова програмування була розроблена Клівом Моулером (англ. *Cleve Moler*) наприкінці 1970-х років. Спо­ча­т­ку MATLAB призначався для проектування систем управління, але швидко завоював популярність у багатьох інших наукових і інже­нер­них областях[[4]](#footnote-4). MATLAB також широко використовувався і в освіті, зокрема, для викладання лінійної алгебри та чисельних методів.

Matlab постачається як комплекс Matlab + Simulink + Toolbox + Blockset (рис. ).



Рис. Структура системи Matlab + Simulink

Однією із основних задач системи Matlab завжди було надання користувачам потужної мови програмування, орієнтованої на технічні і математичні розрахунки і здатної перевершити можливості традиційних мов програмування, котрі багато років використо­вувались для реалізації чисельних методів.

***Основні функції MatLab***

MATLAB надає користувачеві велику кількість функцій для ана­­лізу даних, які покривають майже всі області математики, зокрема:

* [Матриці](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%86%D1%8F_(%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) та лінійна алгебра — алгебра матриць, лінійні рівняння, власні значення і вектори, сингулярності, факторизація матриць та інше.
* Многочлени та інтерполяція — корені многочленів, операції над многочленами та їх диференціювання, інтерполяція та екстраполяція кривих…
* Математична статистика та аналіз даних — статистичні функції, статистична регресія, цифрова фільтрація, швидке перетворення Фур’є та інші.
* Обробка даних — набір спеціальних функцій, включаючи побудову графіків, оптимізацію, пошук нулів, чисельне інтегрування та інше.
* Диференційні рівняння — вирішення диференційних і диференційно-алгебраїчних рівнянь, диференційних рівнянь із запізнюванням, рівнянь з обмеженнями, рівнянь в часткових похідних та інше.
* Розріджені матриці — спеціальний клас даних пакету MATLAB, що використовується у спеціалізованих додатках.
* Цілочисельна арифметика — виконання операцій цілочисельної арифметики в середовищі MATLAB.

***Основні інструменти MatLab[[5]](#footnote-5)***

Інструменти (англ. *toolbox*) ***MatLab*** – це колекції функцій, написаних на мові MATLAB для вирішення певного класу задач. Компанія **Mathworks** постачає набори інструментів, які використову­ються в багатьох областях, включаючи такі:

**Цифрова обробка сигналів, зображень і даних:** DSP Toolbox, Image Processing Toolbox, Wavelet Toolbox, Communication Toolbox, Filter Design Toolbox – набори функцій, що дозволяють вирішувати широкий спектр завдань обробки сигналів, зображень, проектування цифрових фільтрів і систем зв'язку.

**Системи управління:** Control Systems Toolbox, μ-Analysis and Synthesis Toolbox, Robust Control Toolbox, System Identification Toolbox, LMI Control Toolbox, Model Predictive Control Toolbox, Model-Based Calibration Toolbox – набори функцій, що полегшують аналіз і синтез динамічних систем, проектування, моделювання та ідентифікацію систем управління, включаючи сучасні алгоритми управління, такі як робастної управління, H∞-управління, ЛМН-синтез, μ-синтез та інші.

**Фінансовий аналіз:** GARCH Toolbox, Fixed-Income Toolbox, Financial Time Series Toolbox, Financial Derivatives Toolbox, Financial Toolbox, Datafeed Toolbox – набори функцій, що дозволяють швидко і ефективно збирати, обробляти і передавати різну фінансову інформацію.

**Аналіз і синтез геофізичних карт, включаючи три вимір­ні:** Mapping Toolbox.

**Збір та аналіз експериментальних даних:** Data Acquisition Toolbox, Image Acquisition Toolbox, Instrument Control Toolbox, Link for Code Composer Studio – набори функцій, що дозволяють зберігати й обробляти дані, отримані в ході експериментів, у тому числі в реальному часі. Підтримується широкий спектр наукового та інженерного вимірювального обладнання.

**Візуалізація та подання даних:** Virtual Reality Toolbox – доз­воляє створювати інтерактивні світи і візуалізувати наукову інфор­ма­цію за допомогою технологій віртуальної реальності та мови VRML.

**Засоби розробки:** MATLAB Builder for COM, MATLAB Builder for Excel, MATLAB Builder for NET, MATLAB Compiler, Filter Design HDL Coder – набори функцій, що дозволяють створювати незалежні програми з середовища MATLAB.

**Взаємодія з зовнішніми програмними продукта­ми:**  MATLAB Report Generator, Excel Link, Database Toolbox, MATLAB Web Server, Link for ModelSim – набори функцій, що дозволяють зберігати дані в різних видів таким чином, щоб інші програми могли з ними працювати.

**Бази даних:** Database Toolbox – інструменти роботи з базами даних.

**Наукові та математичні пакети:** Bioinformatics Toolbox, Curve Fitting Toolbox, Fixed-Point Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox, OPC Toolbox, Optimization Toolbox, Partial Differential Equation Toolbox, Spline Toolbox, Statistic Toolbox, RF Toolbox – набори спеціалізованих математичних функцій, що дозволяють вирішувати широкий спектр наукових і інженерних задач, включаючи розробку генетичних алгоритмів, вирішення завдань в приватних похідних, цілочисельні проблеми, оптимізацію систем та інші.

**Нейронні мережі:** Neural Network Toolbox – інструменти для синтезу і аналіз нейронних мереж.

**Нечітка логіка:** Fuzzy Logic Toolbox – інструменти для побудови та аналізу нечітких множин.

**Символьні обчислення:** Symbolic Math Toolbox – інстру­менти для символьних обчислень з можливістю взаємодії з символьним процесором програми Maple.

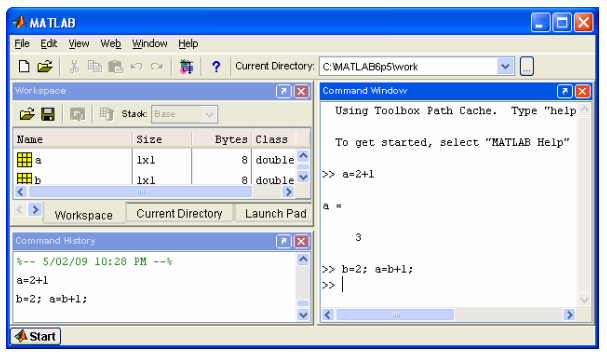
Крім перерахованих вище, існують тисячі інших наборів інструментів для MATLAB, написаних іншими компаніями і ентузіастами.

***Моделювання рідинних систем[[6]](#footnote-6)***

**Simscape Fluids ™** (раніше **SimHydraulics®**) надає бібліотеки компонентів для моделювання рідинних систем. Він включає моделі гідравлічних насосів, клапанів, приводів, трубопроводів та теплообмінників. Simscape Fluids допомагає розробляти системи управління та перевіряти продуктивність на рівні системи. Ви можете створювати власні моделі компонентів за допомогою мови Simscape, що базується на MATLAB®.

***Вікна системи MATLAB[[7]](#footnote-7)***

Після запуску програми MATLAB на екрані з'являється основне вікно системи (рис. 4), складене з вікон наступного призначення:

******

**Рисунок – Основне вікно системи MATLAB**

***Command Window***

призначене для введення команд і виведення результатів обчислень і повідомлень про помилки;

***Command History***

у вікні виводиться список команд, що виконувалися раніше, і час завантажень системи;

***Workspace***

забезпечує перегляд змінних і внесення в них змін;

***Current Directory***

призначене для перегляду і установки поточної папки;

***Launch Pad***

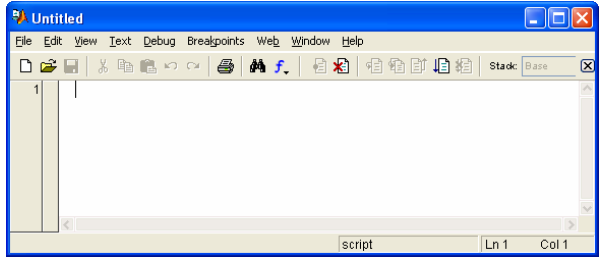
забезпечує швидкий доступ до встановлених розширень MATLAB, довідкової системи та документації.

Обчислення в режимі діалогу виконуються в командному вікні Command Window.

>> запрошення для введення команди. Команда виконується після натискання клавіші Enter.

Крапка з комою в кінці виразу відміняє виведення результату.

Програми створюються у вікні Редактора, що викликається командою File> New> M-File (рис. 5).



**Рисунок – Вікно Редактора MATLAB**

***Приклад роботи з Control System Toolbox[[8]](#footnote-8)***

Control System Toolbox надає алгоритми і програми для систематичного аналізу, проектування і налаштування лінійних систем управління (систем автоматичного регулювання (керування) САР (САК)). Cистема може бути представлена ​​як передавальна функція, простір станів, модель частотної характеристики. Додатки та функції, такі як графік реакції відгуку на ступінчастий вплив (перехідна характеристика) і графік Боде[[9]](#footnote-9), дозволяють аналізувати і візуалізувати поведінку системи в часовій і частотній областях.

Ви можете налаштувати параметри компенсатора (коригу­валь­ної ланки), використо­вуючи інтерактивні методи, такі як формування ЛАФЧХ розімкнутої системи і метод кореневого годографа. Control System Toolbox автоматично налаштовує компенсатори SISO і MIMO, включаючи ПІД-регулятори. Компенсатори можуть включати кілька переналаштовувальних блоків, що охоплюють кілька контурів зво­рот­ного зв'язку. Можна налаштувати контролери з табличним упра­в­лінням і вказати кілька цілей налаштування, таких як відстеження еталона, усунення перешкод і допустимі межі стійкості. Для пере­вірки правильності налаштування доступні перевірки показників якості регулювання, зокрема, часу нарос­тання вихідного сигналу, величини перерегулювання, часу досягнення заданого значення вихідного параметра, а також коефіцієнт підсилення сигналу і запас по фазі, а також інші перевірки (рис.).

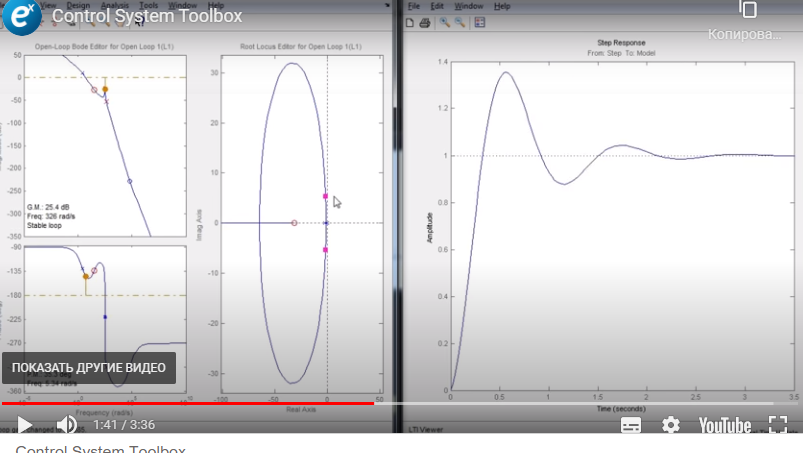


Рисунок – налаштування САР за допомогою Control System Toolbox[[10]](#footnote-10)

Control System Toolbox дозволяє створювати лінійні моделі систем управління (САР (САК)), використовуючи передавальні функції. Моделюються SISO або MIMO безперервні або дискретні системи. Безперервні моделі можуть бути дискретизовані за допомогою команд MATLAB або інтерактивних завдань Live Editor. Порядок системи може бути скорочений зі збереженням динаміки за допомогою додатка Model Reducer.

Control System Toolbox дозволяє автоматично підібрати коефіцієнти підсилення ПІД-регулятора за допомогою програми PID Tuner, інтерактивних завдань Live Editor або функцій командного рядка (рис.).

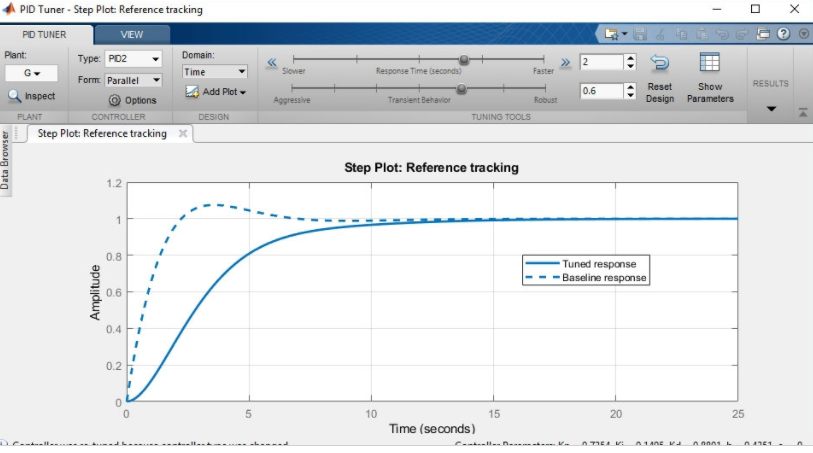


Рисунок - Налаштування PID-регулятора з двома ступенями свободи (суцільна лінія) і порівняння його з PID-регулятором з одним ступенем свободи (пунктирна лінія) в додатку PID Tuner.

Для налаштування ПІД-регулятора проводиться ідентифікація об'єкта управління за допомогою System Identification Toolbox. Доступне налаштування дискретних і безперервних ПІД-регуляторів з однією і двома ступенями свободи.

**Література:**

1. **Дьяконов В. П. MATLAB. Полный самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 768 с.: ил.**
2. **Ресурсы портала** [**https://matlab.ru/products/control-system-toolbox**](https://matlab.ru/products/control-system-toolbox)
3. **Ресурси портала** [**https://matlab.ru/products/simhydraulics**](https://matlab.ru/products/simhydraulics)
4. **Ресурси порталу https://exponenta.ru/news/modelirovanie-teplogidravlicheskogo-rascheta-truboprovoda**

1. Дьяконов В. П. MATLAB. Полный самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 768 с.

   <https://elprivod.nmu.org.ua/files/mathapps/%D0%94%D1%8C%D1%8F%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2_matlab_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D1%83%D1%87%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C.pdf> [↑](#footnote-ref-1)
2. Дьяконов В. П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМКПресс, 2008. – 784 с. <https://elprivod.nmu.org.ua/files/modeling/%D0%94%D1%8C%D1%8F%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2_Simulink%20%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D1%83%D1%87%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C.pdf> [↑](#footnote-ref-2)
3. SIMULINK <https://exponenta.ru/simulink> [↑](#footnote-ref-3)
4. Моделирование систем телекоммуникаций в системе MATLAB +Simulink:учебное пособие /И. А. Стефанова – Самара: ПГУТИ, 2018. – 112 с. <https://www.docme.su/doc/4246822/stefanova-modelirovanie-sistem-telekommunikatsij-v-sistem>... [↑](#footnote-ref-4)
5. Основи роботи в MATLAB

   <https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B8_%D0%B2_MATLAB> [↑](#footnote-ref-5)
6. Simscape Fluids <https://www.mathworks.com/products/simscape-fluids.html> [↑](#footnote-ref-6)
7. В.В.Сидорик, С.Г.Погирницкая. ПРАКТИКУМ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ В СРЕДЕ MATLAB – Минск-2012

   <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/3858/Praktikum_po_modelirovaniyu_v_srede_MATLAB.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [↑](#footnote-ref-7)
8. CONTROL SYSTEM TOOLBOX (Опис і Вебінар) <https://exponenta.ru/control-system-toolbox> [↑](#footnote-ref-8)
9. Логарифмічна амплітудно-фазова частотна характеристика (поширена абревіатура - ЛАФЧХ, в іноземній літературі часто називають діаграмою Боде або графіком Боде) – уявлення частотного відгуку лінійної стаціонарної системи в логарифмічному масштабі. [↑](#footnote-ref-9)
10. Фрагмент Вебінару <https://exponenta.ru/control-system-toolbox> [↑](#footnote-ref-10)